

УДК 004.932.4

В.Т. ЕРЕМЕНКО, А.В. ТЮТЯКИН, А.А. КОНДРАШИН

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ ДИАГНОСТИКИ

Данная статья посвящена решению ряда задач в рамках обработки изображений в системах технической и медицинской диагностики. В статье обоснована применимость известных способов и алгоритмов обработки изображений для улучшения и реставрации графической информации в системах диагностики. Определены элементы профилей автоматизированной обработки изображений, методы и алгоритмы. Представлены базовые принципы выбора данных профилей.

Ключевые слова: диагностика; обработка изображений; профиль; выбор профилей обработки изображений.

ВВЕДЕНИЕ

Большинство задач технической и медицинской диагностики сводится к анализу черно-белых полутоновых изображений, получаемых методами рентгенографии, ультразвуковой локации, магнитно-резонансного сканирования (МРС) и т.п. [1, 6, 9]. В большинстве практических случаев качество изображений, получаемых посредством диагностической аппаратуры, не позволяет принимать корректные решения на основе их анализа. Это требует предварительной обработки этих изображений с целью улучшения их качества, а в ряде случаев и реставрации (восстановления) их отдельных фрагментов.

Большинство способов и алгоритмов улучшения и реставрации изображений ориентировано на мультимедийные приложения, допускающие потери информации в процессе обработки, при условии, что они незаметны или малозаметны для человеческого глаза. С другой стороны, основным требованием к методам и алгоритмам улучшения и реставрации диагностических изображений является недопустимость потерь важной для диагностики информации, содержащейся в изображениях. Другой важной отличительной особенностью их обработки в системах диагностики является большое разнообразие диагностических изображений и, как следствие, необходимость выбора профилей обработки, т.е. типов, параметров, характеристик и опциональных возможностей ее алгоритмов, в зависимости от характеристик конкретного изображения.

БАЗОВЫЕ ПРИНЦИПЫ ВЫБОРА ПРОФИЛЕЙ ОБРАБОТКИ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Наиболее простым подходом к решению данной задачи является ее возложение на разработчика программных средств обработки изображения, который в руководстве по их применению должен указать рекомендуемые профили обработки для каждого из распространенных типов изображений. Однако при этом практически невозможно разработать рекомендации, позволяющие выбрать адекватные профили для каждого из изображений, встречающихся на практике.

Потенциально большую гибкость выбора указанных профилей обеспечивает возложение данной задачи на пользователя, который, в зависимости от характера подвергаемого обработке изображения и на основании собственного опыта и интуиции, а также (опционально) рекомендаций разработчика программного обеспечения самостоятельно выбирает профили обработки. Однако, как правило, пользователь не является специалистом в области обработки изображений. Поэтому

велика вероятность того, что выбранные им профили не будут оптимальны.

Исходя из вышесказанного, представляется рациональным автоматизированный выбор профилей обработки на основании параметров и характеристик обрабатываемого изображения. Наиболее информативными из них, очевидно, являются следующие:

- форма и минимальные размеры информативных элементов изображения;
- минимальные расстояния между указанными элементами;
- уровень шумов изображения и их характер (преобладание белого шума, фликкер-шума или их сочетание).

Первые две из указанных характеристик обычно известны пользователю диагностической системы и задаются им. Третью рационально определять автоматически, методами пространственного корреляционного анализа.

На основании вышеперечисленных характеристик изображения, в свою очередь, выбираются собственно профили обработки. Наиболее простым и алгоритмически надежным, очевидно, является табличный метод их выбора по базе профилей. Он представляет собой электронную таблицу, устанавливающую соответствие между каждым из различных (с точки зрения выбора профилей) сочетаний характеристик изображения и профилями обработки, наиболее приемлемыми при данном сочетании. Возможны и другие методы выбора, например, основанные на алгоритмах нечеткой логики [2].

Ограниченный объем данной статьи не позволяет рассмотреть в ней практические аспекты задания и определения вышеперечисленных характеристик изображения, а также вопросы формирования базы профилей и методики их выбора по указанной базе. Авторы планируют посвятить данной тематике ряд отдельных статей.

Необходимо, чтобы файл изображения после обработки включал в себя также информацию о примененных профилях обработки. Необходимо сохранить также и необработанное изображение с целью возможности сопоставления с обработанным при анализе и/или изменении профилей (при необходимости).

АНАЛИЗ ПРИМЕНИМОСТИ ИЗВЕСТНЫХ СПОСОБОВ, ПРИЕМОВ И АЛГОРИТМОВ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ В СИСТЕМАХ ДИАГНОСТИКИ

Повышение качества изображений достигается двумя видами обработки изображений: исправлением (реставрацией) и улучшением [1, 2]. Под реставрацией обычно понимается процедура восстановления или оценивания элементов изображения с целью коррекции искажений и наилучшей аппроксимации идеального неискаженного изображения. Улучшение изображений, в свою очередь, состоит в преобразовании их в вид, более приемлемый для восприятия наблюдателем или для компьютерной обработки [1, 7, 8].

При обработке диагностических изображений практический интерес представляет второй из вышеназванных видов обработки [3], имеющий своей целью не приближение воспроизводимого (обрабатываемого) изображения к некоторому идеализированному оригиналу, а лишь улучшение его восприятия.

Способы и приемы улучшения изображений можно разделить на следующие основные группы [2]:

- видоизменение гистограмм, состоящее в преобразовании распределения яркостей (например, осветлении) всего изображения или его отдельных участков, с

целью улучшения его восприятия;

- фильтрация изображений с целью подавления их паразитных составляющих (в первую очередь – шумов) и выделения информативных компонент;
- сочетание вышеперечисленных способов и приемов.

Перечень и основные характеристики распространенных способов улучшения изображений, а также степени их применимости в системах технической и медицинской диагностики представлены в нижеприведенной таблице 1 [1, 2, 4]. Там же представлены основные элементы их профилей. Расшифровка аббревиатур, использованных в таблице 1, приведена в примечаниях к ней.

При этом ни один из данных способов не позволяет самостоятельно решить все задачи обработки диагностических изображений [1, 3, 5]. Их решение, как правило, обеспечивается посредством комбинации указанных способов.

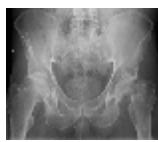
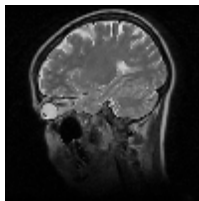
Таблица 1 – Основные характеристики распространенных способов улучшения изображений

Способ	Эффекты	Применимость в системах диагностики	Элементы профиля
1	2	3	4
Идеальный ФНЧ	Сглаживание, подавление шума	Нет	Частота среза, профиль БПФ
ФНЧ Баттерворта		В ряде частных случаев	Порядок фильтра, частота среза, профиль БПФ
ФНЧ Гаусса		Да	Частота среза, профиль БПФ
Идеальный ФВЧ	Выделение и/или подчеркивание границ	Нет	Частота среза, профиль БПФ
ФВЧ Баттерворта		В ряде частных случаев	Порядок фильтра, профиль БПФ, частота среза
ФВЧ Гаусса		Да	Частота среза, профиль БПФ
Повышение резкости с использованием лапласиан	Выделение и/или подчеркивание границ	Да	Выбор дискретной формулировки Производной
Медианная фильтрация	Подавление шума	Да	Размер маски, коэффициенты маски
Сглаживающий фильтр	Подавление шума	В ряде частных случаев	Размер маски, коэффициенты маски
Эквализация гистограммы	Выделение деталей, нормализация	Да	Нет


Продолжение таблицы 1.

1	2	3	4
Приведение гистограммы	Выделение информативных элементов	Да	Вид гистограммы
Локальное улучшение (эквализация)	Выделение мелких деталей в неравномерном изображении	Да	Размер окна
Локальное улучшение (приведение)	Выделение информативных деталей	Да	Вид гистограммы, размер окна
Усреднение изображений	Подавление шума	В ряде частных случаев	Длина серии
Пороговое подавление шума	Подавление шума	В ряде частных случаев	Размер окна
Пороговый метод	Выделение объектов	В ряде частных случаев	Порог преобразования
<p>Примечания: ФНЧ, ФВЧ – соответственно фильтры нижних и верхних частот; БПФ – быстрое преобразование Фурье</p>			

Таблица 2 – Результаты фильтрации тестовых изображений

Изображение, размерность в пикселях	Тип фильтра, размерность матрицы	σ	$K_{ш}$
1	2	3	4
Рентгеновский снимок, 1907x1636 	ФНЧП, 3x3	0,96 %	
	ФНЧТ, 3x3	0,88 %	
	ФНЧГ, 3x3	0,78 %	
	ФНЧП, 5x5	1,30 %	
	ФНЧТ, 5x5	1,11 %	
	ФНЧГ, 5x5	0,96 %	
	Медианный, 3x3	0,88 %	
	Медианный, 5x5	1,18 %	
Результат МРС, 512x512 	ФНЧП, 3x3	1,41 %	
	ФНЧТ, 3x3	1,24 %	
	ФНЧГ, 3x3	1,04 %	
	ФНЧП, 5x5	2,63 %	
	ФНЧТ, 5x5	2,11 %	
	ФНЧГ, 5x5	1,52 %	
	Медианный, 3x3	0,96 %	
	Медианный, 5x5	2,04 %	

Продолжение таблицы 2.

1	2	3	4
Результат УЗИ, 640x480 	ФНЧП, 3x3	4,47 %	
	ФНЧТ, 3x3	4,02 %	
	ФНЧГ, 3x3	3,46 %	
	ФНЧП, 5x5	6,47 %	
	ФНЧТ, 5x5	5,48 %	
	ФНЧГ, 5x5	4,37 %	
	Медианный, 3x3	4,17 %	
	Медианный, 5x5	7,37 %	
Фликкер-шум, 512x512	ФНЧП, 3x3		1,11
	ФНЧТ, 3x3		1,10
	ФНЧГ, 3x3		1,09
	ФНЧП, 5x5		1,16
	ФНЧТ, 5x5		1,14
	ФНЧГ, 5x5		1,11
	Медианный, 3x3		1,11
	Медианный, 5x5		1,17
Белый шум, 512x512	ФНЧП, 3x3		1,38
	ФНЧТ, 3x3		1,33
	ФНЧГ, 3x3		1,31
	ФНЧП, 5x5		1,41
	ФНЧТ, 5x5		1,38
	ФНЧГ, 5x5		1,33
	Медианный, 3x3		1,41
	Медианный, 5x5		1,43

Примечания:

ФНЧП, ФНЧТ и ФНЧГ – фильтры нижних частот с прямоугольной, треугольной и Гауссовой весовой функцией соответственно;

$K_{ш}$ – коэффициент подавления шума, рассчитанный как отношение его среднеквадратических значений до и после фильтрации;

σ – нормированное среднеквадратическое отклонение изображения после фильтрации от исходного, рассчитанное по выражению:

$$s = \frac{100\%}{I_{\max}} \times \sqrt{\frac{1}{m \times n} \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} [K(i, j) - I(i, j)]^2}$$

где m и n – размер изображения в пикселях по горизонтали и по вертикали;

$I(i, j)$ и $K(i, j)$ – интенсивность пикселя с координатами (i, j) соответственно до и после фильтрации;

I_{\max} – максимально возможная интенсивность пикселя, равная $2^N - 1$, где N – разрядность отсчетов интенсивностей пикселей.

Естественно предположить, что ни один из возможных профилей указанных способов улучшения изображений не является оптимальным (т.е. обеспечивающим наиболее приемлемое сочетание информативных и неинформативных составляющих после обработки) для всех диагностических изображений, которые могут встретиться на практике. Это иллюстрирует таблица 2, в которой в качестве примеров

представлены основные количественные характеристики результатов фильтрации (коэффициенты подавления шумов и относительные среднеквадратические отклонения различных типов диагностических изображений от оригиналов после фильтрации) при различных профилях алгоритмов фильтрации. Из таблицы 2 нетрудно заметить, что указанные количественные характеристики существенно зависят от профиля алгоритма фильтрации, а также от конкретного изображения. То же характерно и для других групп алгоритмов обработки. Следовательно, необходим выбор профилей обработки каждого изображения в зависимости от его параметров и характеристик.

Исходя из изложенных ранее базовых принципов выбора профилей обработки диагностических изображений, его целесообразно осуществлять автоматически, в соответствии со следующей последовательностью процедур:

- 1) задание пользователем формы и минимальных размеров информативных элементов изображения, а также минимальных расстояний между ними;
- 2) автоматическое оценивание уровня и характера шумов изображения;
- 3) автоматический выбор профилей обработки изображения, например, по базе профилей;
- 4) формирование файлов результата, содержащих исходное и полученное после обработки изображения, а также информацию о примененном профиле обработки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, предлагаемый подход к обработке диагностических изображений позволяет эффективно решить проблему выбора профилей обработки. Основными преимуществами данного подхода по сравнению с существующими являются:

- выбор профилей, обеспечивающих наиболее приемлемое сочетание степеней подавления неинформативных составляющих и искажения информативных элементов для каждого конкретного изображения;
- независимость от опыта и интуиции, как разработчиков, так и пользователей средств обработки диагностических изображений.

Работа выполнена в рамках Государственного контракта №16.740.11.0041 (Заказчик – Министерство образования и науки РФ), выполняемого по Федеральной целевой программе «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 гг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вудс Р., Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.
2. Прэйт Э. Цифровая обработка изображений. – М.: Мир, 1982. – 312 с.
3. Грузман И.С. Цифровая обработка изображений в информационных системах / И.С. Грузман, В.С. Киричук, В.П. Косых, Г.П. Перетягин, А.А. Спектор. – Новосибирск: НГТУ, 2000. – 168 с.
4. Павлидис Т. Алгоритмы машинной графики и обработки изображений. – М.: Радио и связь, 1990. – 396 с.
5. Лукин А. Введение в цифровую обработку сигналов (математические основы). – М.: МГУ, 2007. – 54 с.
6. Еременко В.Т., Линьков В.В. Методика выбора метода и параметров сжатия цифровых изображений в модульных структурах сбора и обработки данных АСУП // Известия ОрелГТУ, 2007.– №4/268(535). – С. 205-210.
7. Еременко В.Т. Модель адаптивной предварительной загрузки данных / В.Т. Еременко, Н.А. Кравцова, П.И. Потаракин, Д.В. Агарков // Известия ОрелГТУ, 2007. – №4-2/268(535) – С. 219-225.

8. Теория информации и информационных процессов: монография / В.Т. Еременко, И.С. Константинов, А.В. Коськин, В.А. Лобанова и др.; под ред. д.т.н. В.Т. Еременко, д.т.н. А.П. Фисуна. – Орел: ОГУ, ОрелГТУ, 2008. – 478 с.
9. Еременко В.Т. Способы и приемы оптимизации процесса оценки вида технического состояния объектов телекоммуникаций / В.Т. Еременко, А.Н. Орешин, Н.А. Орешин, А.М. Лабунец // «Вестник компьютерных и информационных технологий», 2008.– №6. – С. 40-47.

Еременко Владимир Тарасович

ФГОУ ВПО «Госунiversитет – УНПК», г. Орел

Доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой «Электроника, вычислительная техника и информационная безопасность»

Тел.: (4862) 45-57-57

E-mail: wladimir@orel.ru

Тютякин Александр Васильевич

ФГОУ ВПО «Госунiversитет – УНПК», г. Орел

Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Электроника, вычислительная техника и информационная безопасность»

Тел.: (4862) 45-57-57

E-mail: avt@rbcmil.ru

Кондрашин Алексей Андреевич

ФГОУ ВПО «Госунiversитет – УНПК», г. Орел

Аспирант кафедры «Электроника, вычислительная техника и информационная безопасность»

Тел.: (4862) 45-57-57

E-mail: qaws@bk.ru

V. T. EREMENKO, A. V. TIUTIAKIN, A. A. KONDRASHIN

METHODOLOGICAL ASPECTS OF IMAGE PROCESSING IN AUTOMATED SYSTEMS OF DIAGNOSTICS

The article is devoted to the resolution of some tasks within the problem of image processing in the systems of technical and medical diagnostics. The applicability of known methods and algorithms of image processing for improving and restoration of graphic information in diagnostics systems is justified in the article. The elements of profiles, methods and algorithms of the automated image processing are defined. The basic principles of the choice of above-mentioned profiles are presented.

Keywords: *diagnostics; images processing; profile; choice of image processing profiles.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Vuds R., Gonsales R. Cifrovaya obrabotka izobrazhenij. – M.: Texnosfera, 2005. – 1072 s.
2. Pre`tt E`. Cifrovaya obrabotka izobrazhenij. – M.: Mir, 1982. 312 s.
3. Gruzman I.S. Cifrovaya obrabotka izobrazhenij v informacionny`x sistemax / I.S. Gruzman, V.S. Kirichuk, V.P. Kosy`x, G.P. Peretyagin, A.A. Spektor. – Novosibirsk: NGTU, 2000. – 168 s.
4. Pavlidis T. Algoritmy` mashinnoj grafiki i obrabotki izobrazhenij. – M.: Radio i svyaz`, 1990. – 396 s.
5. Lukin A. Vvedenie v cifrovuyu obrabotku signalov (matematicheskie osnovy`). – M.: MGU, 2007. – 54 s.
6. Eryomenko V.T., Lin`kov V.V. Metodika vy`bora metoda i parametrov szhatiya cifrovy`x izobrazhenij v modul`ny`x strukturax sbora i obrabotki danny`x ASUP // Izvestiya OryolGTU, 2007. – № 4/268(535). – S. 205-210.
7. Eryomenko V.T. Model` adaptacionnoj predvaritel`noj zagruzki danny`x / V.T. Eryomenko, N.A. Kravcova, P.I. Potarakin, D.V. Agarkov // Izvestiya OryolGTU, 2007. – №4. – 2/268(535). – S. 219-225.
8. Teoriya informacii i informacionny`x processov: monografiya / V.T. Eryomenko, I.S. Konstantinov, A.V. Kos`kin, V.A. Lobanova i dr.; / pod red. d.t.n. V.T. Eryomenko, d.t.n. A.P. Fisuna. – Oryol: OGU, OryolGTU, 2008. – 478 s.
9. Eryomenko V.T. Sposoby` i priyomy` optimizacii processa ocenki vida texnicheskogo sostoyaniya ob`ektov telekommunikacij / V.T. Eryomenko, A.N. Oreshin, N.A. Oreshin, A.M. Labunec // «Vestnik komp`yuterny`x informacionny`x tehnologij», 2008. – №6. – S. 40-47.